



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 688901

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 01.11.76 (21) 2415805/24-07

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

(43) Опубликовано 30.09.79. Бюллетень № 36

(45) Дата опубликования описания 02.10.79

(51) М.Кл.<sup>2</sup> G 05 F 1/16//  
H 02 M 5/10

(53) УДК 621.316.722  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

А. В. Кобзев и Ю. М. Лебедев

(71) Заявитель

Научно-исследовательский институт автоматики  
и электромеханики при Томском институте  
автоматизированных систем управления и радиоэлектроники

## (54) УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

1

Изобретение относится к электротехнике, а именно к регуляторам многофазных переменных напряжений, и может быть использовано для регулирования, стабилизации и симметрирования трехфазного напряжения на различных потребителях электрической энергии.

Известны устройства регулирования трехфазного переменного напряжения, содержащие регулирующий орган и блок управления [1—3]. Известно, например, устройство регулирования, представляющее собой классическое решение задачи. В нем трехфазный регулятор переменного напряжения выполнен в виде трех однофазных — каждый со своим блоком управления, включающим в себя широко-импульсный модулятор, схему сравнения, инерционный измерительный орган и источник задающего напряжения. Основной недостаток устройства — сложность блока управления, что увеличивает его стоимость, а также снижает надежность в работе. Кроме того, симметрирование выходных фазных напряжений в такой системе затруднено из-за инерционности их контроля, а из-за сдвига основной гармоники тока ухудшается коэффициент мощности устройства в целом.

2

Эти недостатки характерны для большинства применяемых в настоящее время систем регулирования многофазных напряжений.

Перечисленные недостатки частично устраняются системой регулирования трехфазного переменного напряжения в устройстве [3], которое реализует способ [4] раздельного (зонного) регулирования и симметрирования многофазных напряжений. Это устройство наиболее близко по технической сущности к предлагаемому. Оно осуществляет зонное регулирование многофазных напряжений по разомкнутому циклу и содержит регулирующий орган и блок управления, состоящий из синхронизатора, входом подключенного ко входу регулирующего органа, а выходом — ко входу пересчетной схемы и тактовому входу широко-импульсного модулятора, управляющий вход которого подключен к источнику задающего напряжения.

Достоинство этого устройства — простота блока управления, достигнутая вследствие реализации способа раздельного (зонного) регулирования и симметрирования многофазных напряжений. Однако введение в него измерительного органа и схем сравнения, один из входов которой подключен к источнику задающего напряжения, а

выход — к управляющему входу широтно-импульсного модулятора, т. е. построения замкнутой системы автоматического регулирования, наталкивается на существенные трудности. Раздельное (зонное) регулирование многофазных напряжений требует быстрой передачи информации о выходных напряжениях на вход блока управления. Только в этом случае возможно регулирование одного из фазных напряжений в его собственной зоне. При использовании же традиционных измерительных органов (например, RC-фильтров) вследствие инерционности процесса передачи информации о выходных напряжениях, регулирование может произойти не в требуемой, а в смежной с ней зоне. Способ зонного регулирования многофазных напряжений не реализуется, так как невозможно одним управляющим воздействием достичь эффекта независимого регулирования напряжений всех трех фаз. Таким образом, функциональные возможности известного устройства регулирования трехфазного переменного напряжения оказываются ограниченными.

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей известной системы регулирования трехфазного переменного напряжения за счет повышения быстроты действия контроля выходных напряжений. Поставленная цель достигается тем, что измерительный орган выполнен в виде шести быстродействующих схем выделения среднего значения напряжения, подключенных измерительными входами попарно в противофазе к выходным обмоткам трехфазного трансформатора, первичные обмотки которого соединены в звезду и подключены к выходу регулирующего органа выходы упомянутых схем выделения среднего значения через селектор подсоединены к другому входу схемы сравнения, а их управляющие входы и цепи управления ключевых элементов селектора подключены к выходам пересчетной схемы. Каждая быстродействующая схема выделения среднего значения напряжения состоит из однополупериодного выпрямителя, соединенного со входом интегратора с памятью, выход которого подключен ко входу согласующего узла и зашунтирован параллельным ключом с формирователем импульсов в цепь его управления, причем измерительный вход образован входом однополупериодного выпрямителя, управляющий вход — входом формирователя импульсов, а выход — выходом согласующего узла. При регулировании на повышенной частоте тактовый вход широтно-импульсного модулятора подсоединен к выходу задающего генератора.

На фиг. 1 представлена функциональная схема предлагаемого устройства регулирования трехфазного переменного напряжения; на фиг. 2—4 — временные диаграммы напряжений, иллюстрирующие его работу

при регулировании трехфазных напряжений с утроенной частотой сети регулятором, выполненным, например, по вольтодобавочной схеме.

Устройство регулирования трехфазного переменного напряжения содержит регулирующий орган 1, к выходу которого подсоединена нагрузка 2 (она может включать в себя и фильтр). К выходу регулирующего органа 1 также подключены соединенные в звезду первичные обмотки 3, 4, 5 трехфазного группового трансформатора 6. Его выходные (вторичные) обмотки 7—12 подсоединены попарно в противофазе к измерительным входам шести быстродействующих схем выделения среднего значения напряжения 13—18. Каждая из этих схем состоит из однополупериодного выпрямителя 19 (его вход образует измерительный вход схемы), подключенного выходом к интегратору с памятью 20. Выход интегратора 20 зашунтирован параллельным ключом 21 и соединен со входом согласующего узла 22. В цепь управления ключа 21 установлен формирователь импульсов 23, выход которого образует управляющий вход схемы выделения среднего значения напряжения.

Выходы схем выделения среднего значения напряжения 13—18 через селектор 24 подключены к одному из входов схемы сравнения 25. Ее другой вход соединен с выходом источника задающего напряжения 26, а выход — с управляющим входом широтно-импульсного модулятора 27, выходом подключенного к цепям управления ключевых элементов регулирующего органа 1. Цепи управления ключевых элементов селектора 24, а также управляющие входы схем выделения среднего значения напряжения 13—18, т. е. входы формирователей импульсов 23 соединены с выходами пересчетной схемы 28. Ее вход подключен к выходу синхронизатора 29, входом подсоединенного к питающей трехфазной сети.

При регулировании входного напряжения с утроенной частотой сети тактовый вход широтно-импульсного модулятора 27 подключен к выходу синхронизатора 29, а при регулировании на повышенной частоте — к выходу высокочастотного задающего генератора 30.

Предлагаемое устройство регулирования работает следующим образом.

Фазные напряжения питающей сети 31, 32, 33 (фиг. 2) поступают на вход синхронизатора 29 и при их переходе через нуль на выходе синхронизатора 29 выделяется последовательность мгновенных импульсов напряжения 34, частота которых в шесть раз превышает частоту сети. Эти импульсы подаются на вход пересчетной схемы 28 и на ее выходах вырабатываются прямоугольные импульсы напряжения 35—40. Они сдвинуты относительно друг друга на 60 эл. град. и соответствуют каждой из трех вре-

менных зон регулирования напряжений 31, 32, 33. Эти импульсы поступают в цепи управления ключевых элементов селектора и на входы формирователей 23 (управляющие входы) схем выделения среднего значения напряжений 13—18. Дифференцируясь, например по переднему фронту напряжения 35—40 преобразуются на выходах формирователей 23 в кратковременные импульсы напряжений 41—46, которые подаются в цепи управления параллельных ключей 21 и замыкают их на время своей длительности.

Параллельно с подачей на вход синхронизатора 29 напряжения 31, 32, 33 прикладываются к входу регулирующего органа 1 и, в соответствии с заданным коэффициентом несимметрии, регулируются соответствующим образом и преобразуются в напряжения 47, 48, 49 (фиг. 3). На фиг. 3 пунктиром показаны верхняя и нижняя границы регулирования напряжений 31, 32, 33 регулирующим органом 1, выполненным, например, по вольтдобавочной схеме.

Выходные напряжения 47, 48, 49 регулирующего органа 1 одновременно прикладываются к нагрузке 2 и первичным обмоткам 3, 4, 5 трансформатора 6, передаваясь при этом через его вторичные обмотки 7—12 на измерительные входы схем выделения среднего значения напряжений 13—18. Поскольку эти схемы подключены парно в противофазе к выходным обмоткам трансформатора 6, а также из-за наличия на их измерительных входах выпрямителей 19, интеграторы с памятью 20 поочередно преобразуют каждую полуволну выходных фазных напряжений 47, 48, 49 в напряжения 50—55 (фиг. 3, 4). По окончании процесса интегрирования величина этих напряжений будет равна

$$U_{50} = K \int_{\pi}^{(n+1)\pi} U_{17}(t) dt \quad (1)$$

$$U_{51} = K \int_{(n+1)\pi}^{(n+2)\pi} U_{17}(t) dt \quad (2)$$

$$U_{52} = K \int_{\pi+\frac{2}{3}\pi}^{(n+1)\pi+\frac{2}{3}\pi} U_{18}(t) dt \quad (3)$$

$$U_{53} = K \int_{(n+1)\pi+\frac{2}{3}\pi}^{(n+2)\pi+\frac{2}{3}\pi} U_{18}(t) dt \quad (4)$$

$$U_{54} = K \int_{\pi+\frac{4}{3}\pi}^{(n+1)\pi+\frac{4}{3}\pi} U_{19}(t) dt \quad (5)$$

$$U_{55} = K \int_{(n+1)\pi+\frac{4}{3}\pi}^{(n+2)\pi+\frac{4}{3}\pi} U_{19}(t) dt \quad (6)$$

т. е. пропорциональна среднему значению контролируемого фазного напряжения. Эти напряжения запоминаются на время каждого последующего полупериода напряжений 47, 48, 49 (горизонтальные участки кривых 50—55). Перед началом очередного интегрирования с выходов формирователей 23 в цепи управления параллельных ключей 21 подают импульсы напряжений 41—46, замыкающие эти ключи на время своей длительности. Напряжения 50—55 становятся равными нулю, причем напряжения 50, 51 обнуляются соответственно импульсами 41, 44, напряжения 52, 53 — импульсами 43, 46, а напряжения 54, 55 — импульсами 42, 46.

Прямоугольные импульсы напряжений 35—40, поступающие с выходов пересчетной схемы 38 в цепи управления ключевых элементов селектора 24, поочередно замыкают их на время своей длительности. Селектор 24 подключает к одному из входов схемы сравнения 25 выходы схем выделения среднего значения напряжений 13—18, и на этот вход в соответствующие моменты времени поступают напряжения 50—55 на интервале их запоминания. Управление ключевыми элементами селектора 24 осуществляется таким образом, что при их замыкании импульсами 39, 36 на вход схемы сравнения 25 подаются напряжения 50, 51, при замыкании импульсами 35, 38 — напряжения 52, 53, при замыкании импульсами 37, 40 — напряжения 54, 55 (фиг. 4). В результате этого формируется сигнал обратной связи 56. Он сравнивается с задающим напряжением 57, поступающим на другой вход схемы сравнения 25 с выхода источника 26, и получающийся в процессе сравнения сигнал ошибки 58 является исходной информацией для управления регулирующим органом 1.

Процесс регулирования входных напряжений 31, 32, 33 осуществляется следующим образом. Сигнал ошибки 58 поступает на вход широко-импульсного модулятора 27, который применительно к управлению узкодиапазонным регулирующим органом может быть выполнен в виде фазосдвигающего устройства (ФСВ) с регулируемым углом задержки и опережения.

Такое ФСВ генерирует два пилообразных напряжения, одно из которых 59, является спадющим, а другое 60 — нарастающим. Периодичность этих напряжений задается синхронными 34, подаваемыми с выхода синхронизатора 29 на тактовый вход широко-импульсного модулятора 27. В результате сравнения напряжений 50, 60

с сигналом ошибки 58 на выходе широкоимпульсного модулятора 27 возникают импульсы управления 61 регулирующим органом 1. Заштрихованный импульс 61 соответствует переводу регулирующего органа 1 в режим вольтотобавки, а незаштрихованный — в режим вольтодобавки. Режиму неискаженной передачи напряжений 31, 32, 33 соответствует сравнение напряжения 58 с напряжениями 59, 60 в точке их пересечения. При подаче напряжений 61 в цепи управления ключевыми элементами регулирующего органа 1 напряжения 31, 32, 33 преобразуются в симметричные напряжения 47, 48, 49 (в допуске определяемые заданным коэффициентом несимметрии).

При регулировании напряжений 31, 32, 33 на повышенной частоте схема, изображенная на фиг. 1, работает аналогично. Однако в этом случае синхронизация широкоимпульсного модулятора 27 с моментами перехода входных фазных напряжений через ноль не является обязательной и тактовый вход ШИМа подключается к выходу высокочастотного задающего генератора 30.

Таким образом, предлагаемое устройство регулирования трехфазного переменного напряжения позволяет осуществлять зонное регулирование, симметрирование выходных фазных напряжений. При этом величина последних стабилизируется по их среднему значению. Это существенно расширяет функциональные возможности известной системы регулирования при сохранении всех ее положительных качеств. Такого эффекта удается достичь только при использовании в качестве измерительного органа быстродействующих схем выделения среднего значения напряжения и селектора напряжений. Применение инерционных измерительных устройств не позволяет реализовать способ раздельного (зонного) регулирования многофазных напряжений.

#### Формула изобретения

1. Устройство регулирования трехфазного переменного напряжения, содержащее регулирующей и измерительный органы, источник задающего напряжения, подключенный к одному из входов схемы сравнения, и блок управления, состоящий из синхронизатора, входом подсоединенного ко входу регулирующего органа, а выходом — ко

входу пересчетной схемы и тактовому входу широкоимпульсного модулятора, управляющий вход которого подключен к схеме сравнения, отличающееся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей за счет повышения быстродействия контроля выходных напряжений, измерительный орган выполнен в виде шести быстродействующих схем выделения среднего значения напряжения, подключенных измерительными входами попарно в противофазе к выходным обмоткам трехфазного трансформатора, первичные обмотки которого соединены в звезду и подключены к выходу регулирующего органа, выходы упомянутых схем выделения среднего значения через селектор подсоединены к другому входу схемы сравнения, а их управляющие входы и цепи управления ключевых элементов селектора подключены к выходу пересчетной схемы.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что каждая быстродействующая схема выделения среднего значения напряжения состоит из однополупериодного выпрямителя, соединенного со входом интегратора с памятью, выход которого подключен ко входу согласующего узла и зашунтирован параллельным ключом с формирователем импульсов в цепи его управления, причем измерительный вход образован входом однополупериодного выпрямителя, управляющий вход — входом формирователя импульсов, а выход — выходом согласующего узла.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что при регулировании на повышенной частоте тактовый вход широкоимпульсного модулятора подсоединен к выходу задающего генератора.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе:

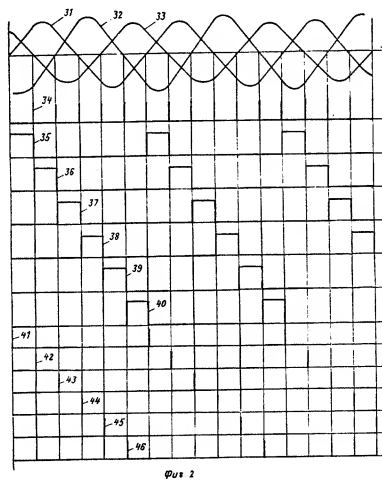
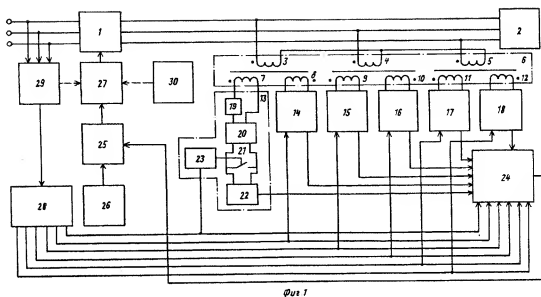
1. Окунов С. С. и др. Трансформаторные и трансформаторно-тиристорные регуляторы — стабилизаторы переменного напряжения. М., «Энергия», 1969, с. 153—166, рис. 4—9, 4—13.

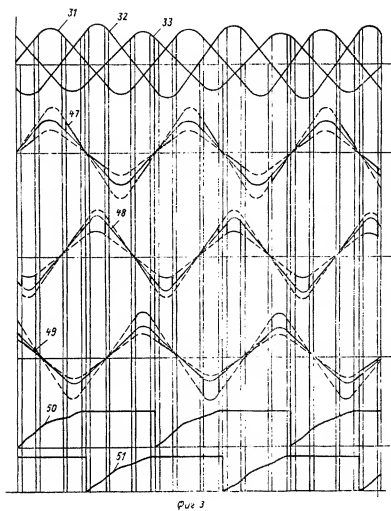
2. Устройство электропитания мощных радиосистем. Под ред. Ткачева А. А., М., «Энергия», 1972, с. 17—40, рис. 1—7, 1—13, 1—14, 1—18, 1—19.

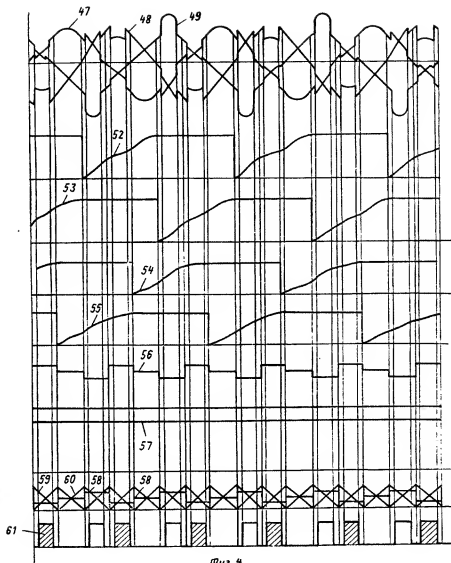
3. Авторское свидетельство СССР № 382216, кл. Н 02 Р 13/04, 05.05.71.

4. Авторское свидетельство СССР № 383036, кл. G 05 F 3/00, 23.03.71.

688901







Фиг. 4

Редактор В. Левятов      Составитель Г. Мыцык      Техред Н. Строганова      Корректор И. Симкина

Заказ 858/1073      Изд. № 544      Тираж 1015      Подписное  
 НПО «Поиск» Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Тип. Харьж. фил. ред. «Патент»